

Aus dem Anatomischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz
(Direktor: Prof. Dr. Dr. A. Dabelow)

Untersuchungen über die Größenverteilung der Vorderhornzellen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Werner Rudolf Reck

aus Wiesbaden

Mainz ~~1966~~

1967

Aus dem Anatomischen Institut der Johannes Gutenberg-Universität

M a i n z

(Direktor: Prof. Dr. Dr. A. D a b e l o w)

Untersuchungen über die Größenverteilung
der Vorderhornzellen

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät

der

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Werner Rudolf R e c k

aus Wiesbaden

M a i n z 1966

Dekan: Prof. Dr. B o r n e f f .
Referent: Prof. Dr. M ü l l e r
Korreferent: Prof. Dr. Dr. D a b e l o w
Promotionsdatum: 16.2. 1967



I. Einleitung und Problemstellung

Es ist bekannt, daß Ganglienzellen hinsichtlich ihrer Gestalt und Größe untereinander sehr verschieden sind und selbst homologe Zellen große Unterschiede in ihrem Zellvolumen aufweisen (Bielschowsky, 1928). Die Meinungen über eine Erklärbarkeit dieser auffälligen Erscheinung, die bei den übrigen Körperzellen nicht beobachtet werden kann, gehen weit auseinander. So weist eine Gruppe von Autoren auf einen Zusammenhang zwischen Nervenzellgröße und Axonlänge hin, andere wieder machen allein die funktionelle Belastung der Zelle für die erhebliche Größendifferenz verantwortlich.

P i e r r e t (1878) hat als erster eine Abhängigkeit der Größe einer Nervenzelle von der Länge ihres Achsenzylinders vermutet. Nach Messungen der motorischen und sensiblen Rückenmarkszellen beim Menschen fand er, daß die größten Zellen im Lumbalmark liegen, Zellen also, die am weitesten von Peripherie und Großhirnrinde entfernt sind und daher die längsten Neuriten haben, während die Zellen im Cervikal- und Thorakalmark sehr viel kleiner sind. Deshalb glaubt P i e r r e t , daß "die Größe der motorischen und sensiblen Zellen der Nervenzentren beim Menschen direkt proportional dem Abstand ist, der sie von dem peripher gelegenen Organ, das sie innervieren, trennt."

Während O b e r s t e i n e r (1913) mehr den Einfluß der funktionellen Belastung der Nervenzelle auf ihr Volumen hervorhebt, sieht L e v i (1925) nach Untersuchungen an großen

und kleinen Tieren einen Zusammenhang zwischen Ganglienzellgröße und Körpergröße.

B i e l s c h o w s k y (1928) widerspricht der P i e r r e t 'schen Regel und stimmt C a j a l zu, der glaubt, daß für das Zellkörpervolumen "die Menge der von dem Achsenzylinder ausgehenden Seitenäste und seiner Endverzweigungen maßgebend ist."

Auf Beziehungen zwischen der Größe der Nervenzelle und der Länge des Neuriten weisen auch B r u s a und C a f a r e l l o (1951) hin. Sie stützen sich dabei auf eigene Zellmessungen am G a n g l i o n G a s s e r i von verschiedenen alten Individuen, wobei sie das Wachstum der Zellen in den verschiedenen Entwicklungsstadien berücksichtigen.

Die Ergebnisse von L e v i (1925) konnte A m i r - h o s s e i n i (1963) bestätigen. Er fand bei Zellgrößenuntersuchungen an Spinalganglien und Vorderhornzellen der Halssegmente eines erwachsenen großen und kleinen Hundes eine Beziehung zwischen Nervenzellgröße und Körpergröße.

Die vorliegende Arbeit soll ein neuer Beitrag zu diesem Problem sein. Durch Vorderhornzellmessungen bei H a p a l e j a c c h u s und mit Hilfe statistischer Methoden wird zunächst geprüft, ob eine unterschiedliche Verteilung der Zellgrößen im Rückenmark nachzuweisen ist, damit dann durch einen Vergleich der gemessenen Vorderhornzellen und der

Lage der von ihnen innervierten Muskelgruppen eine Aussage über eine eventuelle Abhängigkeit der Nervenzellgröße von der Neuritenlänge gemacht werden kann. Unter Annahme der P i e r r e t 'schen Regel darf sich keine Normalverteilung der Zellgrößen ergeben, sondern bestimmte Zelltypen müssen sich auf bestimmte Rückenmarksabschnitte konzentrieren.

II. Untersuchungsmaterial und Meßtechnik

Die Untersuchungen wurden am Rückenmark von H a p a l e j a c c h u s durchgeführt (Abb. 1), da das Pinselohr-Äffchen wegen seiner im Vergleich zum Rumpf relativ langen Extremitäten, damit also auch der relativ langen Nervenfasern, für die vorliegende Art der Fragestellung besonders geeignet schien. Dabei erleichterte die geringe Länge des Rückenmarks die Aufarbeitung. Es wurde ein ausgewachsenes männliches Tier gewählt.

Nach der Tötung des Tieres mit Äther wurde sofort das Rückenmark herauspräpariert und als Ganzes zur Fixierung in 4 %iges Formalin gelegt.

Anschließend wurde das Rückenmark in acht etwa gleich große Abschnitte zerteilt, diese über eine Alkoholreihe in Paraffin eingebettet und die Einzelstücke in cervico-caudaler Richtung von I - VIII fortlaufend nummeriert.

Das gesamte Rückenmark wurde bei einer Schnittdicke von 10 μ in einer Stufenserie geschnitten, d.h. nur jeder 20. Schnitt kam zur Untersuchung und wurde dazu mit HE gefärbt.

Der Abstand zwischen den Schnitten garantiert, daß eine Vorderhornzelle in zwei aufeinanderfolgenden Schnitten nicht doppelt ausgemessen wurde und das Meßergebnis verfälschte. Statistisch handelt es sich bei der Untersuchung also um eine Stichprobe aus einem größeren Beobachtungsgut.

Zur Meßtechnik ist vorweg zu sagen, daß es bei der Fragestellung nur auf die Größenverhältnisse zwischen den unterschiedlich großen Vorderhornzellen ankommt, nicht aber auf absolute Größenangaben. Es brauchte daher keine Volumenbestimmung durchgeführt werden, sondern es genügte, die Flächen der Zellquerschnitte auszumessen und miteinander zu vergleichen. Um definierte Verhältnisse zu erhalten, wurden nur jene Zellanschnitte berücksichtigt, in denen der Zellkern zu sehen war.

Zur Abgrenzung des Vorderhorns wurde eine Linie senkrecht zur *f i s s u r a m e d i a n a a n t.* in Höhe des Zentralkanals gezogen.

Um eine möglichst starke Vergrößerung der Vorderhornzellen zu erhalten, die eine genauere Messung gestattete, wurde zunächst jeweils das rechte Vorderhorn in allen Präparaten mit dem *O r t h o l u x* photographiert und die Negative anschließend projiziert. Der Vergrößerungsfaktor mußte bei dieser Methode nicht berücksichtigt werden; es war lediglich auf einen fixierten Projektionsabstand zu achten.

Nun wurden Schnitt für Schnitt die Projektionen aller kernhaltigen Zellanschnitte im rechten Vorderhorn auf Papier aufgezeichnet. Damit eine mögliche unterschiedliche Schrumpfung großer und kleiner Zellen nicht zu falschen Befunden führte, wurde dabei so vorgegangen, daß nicht die Zellgrenze selbst, sondern die äußere Begrenzung des Spaltraumes umfahren wurde. Die so erhaltenen Zellumrandungen wurden mit einem Planimeter ausgemessen.

Insgesamt konnten in 447 Schnitten 1.223 kernhaltige Vorderhornzellanschnitte erfaßt werden.

III. Besprechung der Ergebnisse

a) Graphische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Aus den Einzelmeßwerten wird für jeden Schnitt die mittlere Zellgröße errechnet und diese Mittelwerte werden hintereinander in einem Koordinatensystem aufgetragen (Abb. 2). Die Abszisse zeigt die Rückenmarksabschnitte, die Werte der Ordinate geben die Größe der Zellflächen (Planimeterwerte) an. Je zehn Mittelwerte sind zu einem Kurvenpunkt zusammengefaßt.

Der Kurvenverlauf zeigt deutlich zwei Maxima über den Abschnitten III. und VII/VIII; dabei ist das zweite Maximum etwas höher als das erste.

Für die Abschnitte I und II ergeben sich erheblich niedrigere Werte mit fallender Tendenz, während die

Kurve über den mittleren Rückenmarksabschnitten etwa geradlinig verläuft; nur über dem Abschnitt VI ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen.

Die Werte der Maxima liegen im Durchschnitt doppelt so hoch wie die der anderen Abschnitte.

Werden die Abschnitte I - VIII nun den Rückenmarkssegmenten zugeordnet, so ergibt sich, daß die Abschnitte III und VII der *intumescencia cervikalis* bzw. *lumbalis* entsprechen, die Abschnitte I und II demnach den Cervikalsegmenten, die Abschnitte IV - VI den Thorakalsegmenten und Abschnitt VIII den Sacralsegmenten angehören.

Es ist auch die Häufigkeitsverteilung der Zellgrößen in den einzelnen Abschnitten zu prüfen. Dazu werden für jeden Rückenmarksabschnitt die Meßwerte der Zellflächen nach Größenklassen geordnet und als Säulendiagramme dargestellt, die, untereinander aufgetragen, die Verschiebung der einzelnen Maxima gegeneinander sichtbar machen. (Abb. 3)

Den Diagrammen ist zu entnehmen, daß sich die Zellgrößen in den Cervikal- und Thorakalanteilen auf zwei bis drei Klassen konzentrieren, die im Bereich der kleinen Zellen (Planimeterwerte zwischen 20 und 50) liegen, während sich für die Cervikal und Lumbalan-schwellung eine mehr breitbasige, gleichmäßigere Zell-

größenverteilung ergibt, die Zellen sich also nicht auf einen bestimmten Typ konzentrieren. Dabei nimmt aber in den letztgenannten Abschnitten der Anteil der größeren Zellen zu; es treten sogar Zellen mit einem Planimeterwert über 90 auf, die in keinem der anderen Abschnitte zu finden sind.

Ein Vergleich der Vorderhornfläche und der mittleren Vorderhornzellgröße in den einzelnen Rückenmarksabschnitten (Abb. 4) zeigt, daß zwischen der Ausdehnung des Vorderhorns und der Größe der Vorderhornzellen eine Proportionalität besteht. Die Kurven demonstrieren dabei aber auch, daß die großen Vorderhornzellen dort konzentriert sind, wo die Vorderhörner ihre größte Fläche aufweisen, also in der Cervikal- und Lumbalanschwellung.

b) Statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Die im vorausgehenden Abschnitt gegebene deskriptive Darstellung der Untersuchungsergebnisse läßt bei grober Betrachtung eine unterschiedliche Verteilung der Zellgrößen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten erkennen. Dies soll nun im folgenden auf Signifikanz geprüft werden.

Dazu werden die Besetzungen der Zellgrößenklassen in den Abschnitten I - VIII gegenübergestellt (Tab. I) und eine Prüfung auf Homogenität der Klassenbesetzungen mittels des χ^2 -Testes durchgeführt.

Man geht dabei von der Nullhypothese aus, daß die einzelnen Zellgrößenklassen in den Abschnitten gleichmäßig verteilt sind und die Beobachtungswerte nur Zufallsabweichungen von dieser Gleichverteilung darstellen. Aus den Randsummen werden die Erwartungswerte unter Annahme der Nullhypothese berechnet:

$$y_i = \frac{Z_{ns} \cdot Z_{nr}}{n}$$

Als Funktion für das Prüfkriterium gilt:

$$\chi^2 = \sum \frac{(z_i - y_i)^2}{y_i}$$

Dabei ist z_i der jeweilige Beobachtungswert, y_i der entsprechende Erwartungswert.

Bei r Spalten und s Zeilen hat die Tabelle

$$f = (r - 1)(s - 1)$$

Freiheitsgrade.

Man vergleicht den errechneten χ^2 -Wert mit den Tafelwerten (Documenta Geigy : Wissenschaftliche Tabellen) bei gleicher Anzahl von Freiheitsgraden.

Überschreitet beispielsweise der berechnete χ^2 -Wert den Tafelwert, bei dem noch $P = 5\%$ zufällig auftretende χ^2 -Werte außerhalb liegen, so wäre dies ein auffälliges Ergebnis. Wird der Wert bei $P = 1\%$ überschritten, so ist die Nullhypothese zu verwerfen; man spricht dann von einem signifikanten Unterschied bei der Irrtumswahrscheinlichkeit P .

Bei der Berechnung von Tab. I ergibt sich

$$\chi^2 = 805,95.$$

Dieser Wert überschreitet weit den Tafelwert bei $f = 49$ Freiheitsgraden und einer Irrtumswahrscheinlichkeit $P = 0,1\%$. Er beträgt nämlich

$$\chi^2_{(f=50; P=0,1\%)} = 86,7.$$

Das Ergebnis ist also hoch signifikant, d.h. es ergibt sich eine unterschiedliche Verteilung der gemessenen Zellflächen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten. Es läßt sich mit diesem Verfahren jedoch keine Aussage darüber machen, wie groß die Unterschiede sind.

Das Ergebnis der Gesamtbetrachtung der acht Rückenmarksabschnitte läßt eine weitere Analyse zu, denn jetzt interessiert natürlich die Frage, welche Abschnitte sich im einzelnen voneinander unterscheiden.

In Tab. II sind die Abschnitte III, VII und VIII, also die Maxima der in Abb. 2 dargestellten Kurve, den restlichen Abschnitten gegenübergestellt. Auch bei diesem Vergleich hat die Prüfgröße einen hohen Wert:

$$\chi^2 = 317,66.$$

Der entsprechende Tafelwert beträgt

$$\chi^2_{(f=7; P=0,1\%)} = 24,3.$$

Er wird von der Prüfgröße weit überschritten.

Ein Vergleich der Abschnitte III und VII (Tab. III) soll zeigen, ob Unterschiede zwischen Cervikal- und Lumbalanschwellung bestehen. Das Ergebnis ist

$$\chi^2 = 38,57.$$

Der Tafelwert

$$\chi^2_{(f=7; p=0,01\%)} = 24,3$$

wird noch deutlich überschritten. Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß die Differenz zwischen Beobachtungswert und Erwartungswert in Abschnitt VII bis zu Planimeterwerten von 60 negativ und über 60 positiv ist. Die Verhältnisse in Abschnitt III sind umgekehrt. Dies bedeutet, daß in Abschnitt VII die größeren Zellen häufiger vorkommen.

Eine unterschiedliche Verteilung der Zellgrößen zwischen Thorakal- und oberen Cervikalsegmenten geht aus der Berechnung der Tab. IV hervor:

$$\chi^2 = 43,16$$

Tafelwert:

$$\chi^2_{(f=7; p=0,01\%)} = 24,3$$

Die Differenz zwischen Beobachtungs- und Erwartungswerten zeigt auch hier, daß im Thorakalbereich die größeren Zellen häufiger vorkommen und damit die mittlere Zellgröße der Thorakalsegmente die der Cervikalsegmente übersteigt.

IV. Zusammenfassende Betrachtung

Wie lassen sich nun diese erheblichen Größendifferenzen der Vorderhornzellen -die kleinsten Zellen verhalten sich zu den größten wie 1 : 5 bis 1 : 10- erklären?

Zur Diskussion dieser Frage sollen die Ergebnisse der graphischen und statistischen Auswertung der Zellmessungen zusammenfassend dargestellt werden.

Wie schon oben hervorgehoben wurde, ergibt sich aus dem Verlauf der Kurve in Abb. 2 und den Verteilerdiagrammen (Abb. 3), daß die größten Vorderhornzellen in der Cervikal- und der Lumbalanschwellung vorkommen. Dieser Befund stimmt mit der Beobachtung von P i e r r e t (1878) überein.

Zieht man in Betracht, daß von diesen Segmenten die Nervenfasern für die Extremitäten und den langen Schwanz des Tieres ausgehen, so ergibt sich daraus:

1. Von diesen Nervenzellen ziehen die längsten Neuriten des Körpers zur Peripherie.
2. Diese Gruppe von Vorderhornzellen ist gegenüber den Zellen für die Hals- und Thoraxmuskulatur besonders funktionell belastet.

Es kann nun keine Zufallserscheinung sein, daß die längsten Neuriten aus den Segmenten entspringen, in denen die größten Vorderhornzellen nachzuweisen sind.

Der statistische Vergleich der Abschnitte III und VII

(Tab. III) zeigt, daß die Zellgrößen auch zwischen Cervikal- und Lumbalanschwellung unterschiedlich verteilt sind. Wie den Verteilerdiagrammen zu entnehmen ist, liegen die größten Vorderhornzellen überhaupt, Zellen mit einem Planimeterwert über 100, in den Abschnitten VII und VIII, in den Segmenten also, die die untere Extremität und den langen Schwanz innervieren. Diese auffälligen Befunde lassen die Beziehung zwischen Nervenzellgröße und Neuritenlänge deutlich werden. Eine stärkere funktionelle Belastung der unteren Extremität gegenüber der oberen ist bei diesem Tier nicht nachzuweisen und damit keine Begründung für die größeren Vorderhornzellen in der Lumbalanschwellung.

Auch eine Betrachtung der Verhältnisse in den Rückenmarksabschnitten, die Hals- und Thoraxmuskulatur innervieren, läßt auf eine Abhängigkeit der Nervenzellgröße von der Länge des Axons schließen.

Aus den funktionell gleichwertigen Vorderhornzellen des Thorakalmarkes entspringen die Neuriten für die Inter-costalnerven, die in etwa als gleich lang bezeichnet werden können. Die Kurve der mittleren Zellgröße (Abb. 2) zeigt für diese Rückenmarksabschnitte einen relativ geradlinigen Verlauf, d.h., die Zellen in den einzelnen Segmenten zeigen keine erheblichen Größenunterschiede. Nur in den unteren Thorakalsegmenten lassen sich größere Vorderhornzellen nachweisen, von denen offenbar die längeren Nervenfasern für die Bauchmuskulatur ihren Ausgang nehmen.

Die kleinsten Vorderhornzellen finden sich in den mittleren Halssegmenten, was der Tatsache entspricht, daß in ihrem Innervationsbereich die Nerven den kürzesten Verlauf haben.

Die Verteilerdiagramme zeigen für die Cervikal- und Thorakalabschnitte eine Konzentration der Vorderhornzellen auf einen bestimmten Zelltyp, damit übereinstimmend, daß sich in beiden Abschnitten keine so extremen Unterschiede in der Länge der Nervenfasern ergeben, wie in den Extremitäten, in die sowohl kurze Fasern für die proximalen Muskelgruppen, als auch sehr lange Fasern für die in der äußersten Peripherie gelegenen Muskeln ziehen. Demgemäß zeigen die Diagramme für die Cervikal- und Lumbalanschwellung eine mehr breitbasige Verteilung der Zellgrößen.

Die Auffassung, daß eine Beziehung zwischen Nervenzellgröße und der Zahl der Seitenäste und Endverzweigungen der Nervenfaser besteht, ist kein direkter Widerspruch zur P i e r r e t 'schen Regel. Die Nervenzelle und der Neurit mit allen seinen Verzweigungen bilden eine trophische Einheit. Es wird daher die Gesamtlänge dieser Fortsätze zu berücksichtigen sein. Ein langes bzw. reich verzweigtes Axon muß eine Mehrbelastung für die Zelle sein und macht ein größeres Zellplasma erforderlich. So könnte durchaus eine Nervenzelle, deren Achsenzylinder sich in ihrer nächsten Umgebung in viele Endverzweigungen auflöst, ein relativ großes Volumen haben, wie zum Beispiel die P u r k i n j e -Zellen des Kleinhirns.

Sicherlich übt auch die Funktion einer Zelle einen Einfluß auf ihre Größe aus. Atrophie und Hypertrophie einer Zelle bei verminderter bzw. vermehrter funktioneller Beanspruchung sind bekannte Erscheinungen. Doch werden sich diese starken Differenzen in der Größe homologer Zellen im Zentralnervensystem nicht allein funktionell erklären lassen. Allerdings wird sich, da auch der funktionelle Faktor zu berücksichtigen ist, keine strenge Proportionalität zwischen Nervenzellgröße und Neuritenlänge aufstellen lassen, obwohl angenommen werden darf, daß die Neuritenlänge das Nervenzellvolumen entscheidend beeinflußt.

V. Zusammenfassung

Nach Messung der Vorderhornzellen bei H a p a l e j a c c h u s konnte mit statistischen Methoden eine unterschiedliche Verteilung der Zellgrößen im Rückenmark und eine Konzentration von bestimmten Zellgrößenklassen auf bestimmte Rückenmarksabschnitte nachgewiesen werden; dabei läßt ein Vergleich der gemessenen Vorderhornzellen mit der Lage der von ihnen innervierten Muskelgruppen auf eine Abhängigkeit der Nervenzellgrößen von der Neuritenlänge schließen.

A b b i l d u n g e n u n d T a b e l l e n

Abb. 1: Hapale jacchus (Pinselohrräffchen)

Die Abbildung verdeutlicht die Längenverhältnisse der Extremitäten. Die Kantenlänge der Planquadrate beträgt 5 cm.

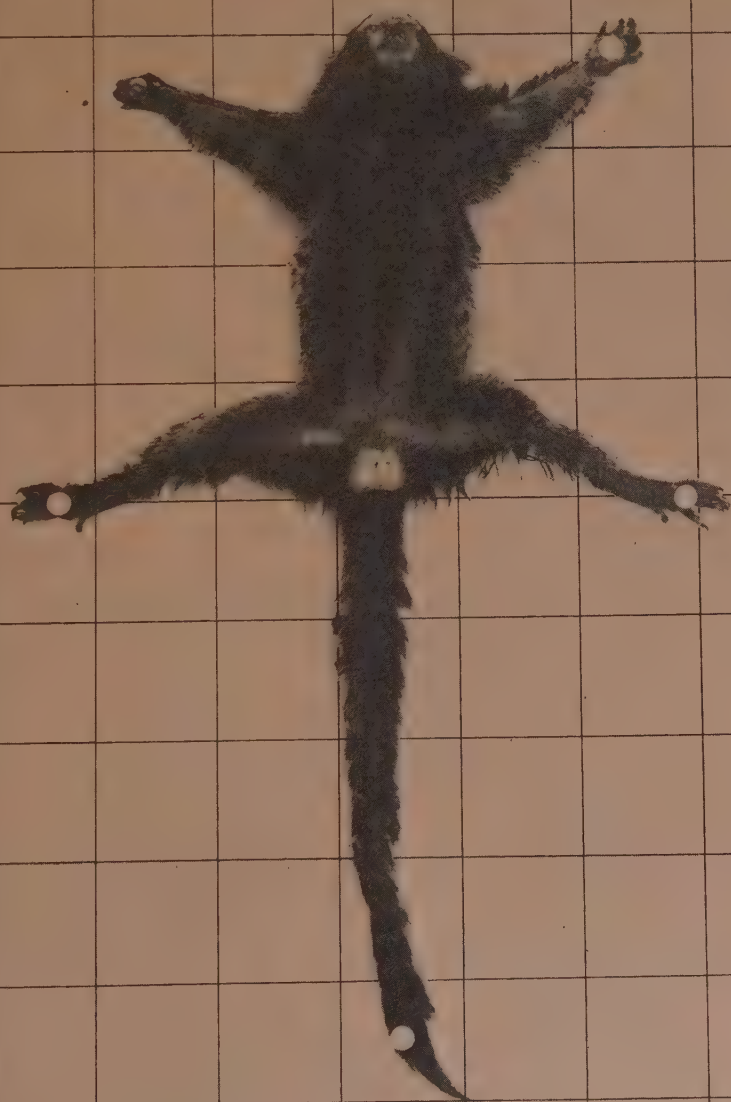


Abb. 2: Graphische Darstellung der mittleren Zellgrößen

Die Abszisse zeigt die Rückenmarksabschnitte, auf der Ordinate sind die Planimeterwerte der Zellflächen aufgetragen. Die einzelnen Punkte geben die mittleren Zellgrößen der pro Schnitt ausgemessenen kernhaltigen Zellen an. Je 10 Mittelwerte sind zu einem Kurvenpunkt zusammengefaßt. An den beiden markierten Stellen (—●—) ist die Kurve nicht definiert, da hier einige Präparate ausgefallen sind.

Planimeterwert
der Zellflächen

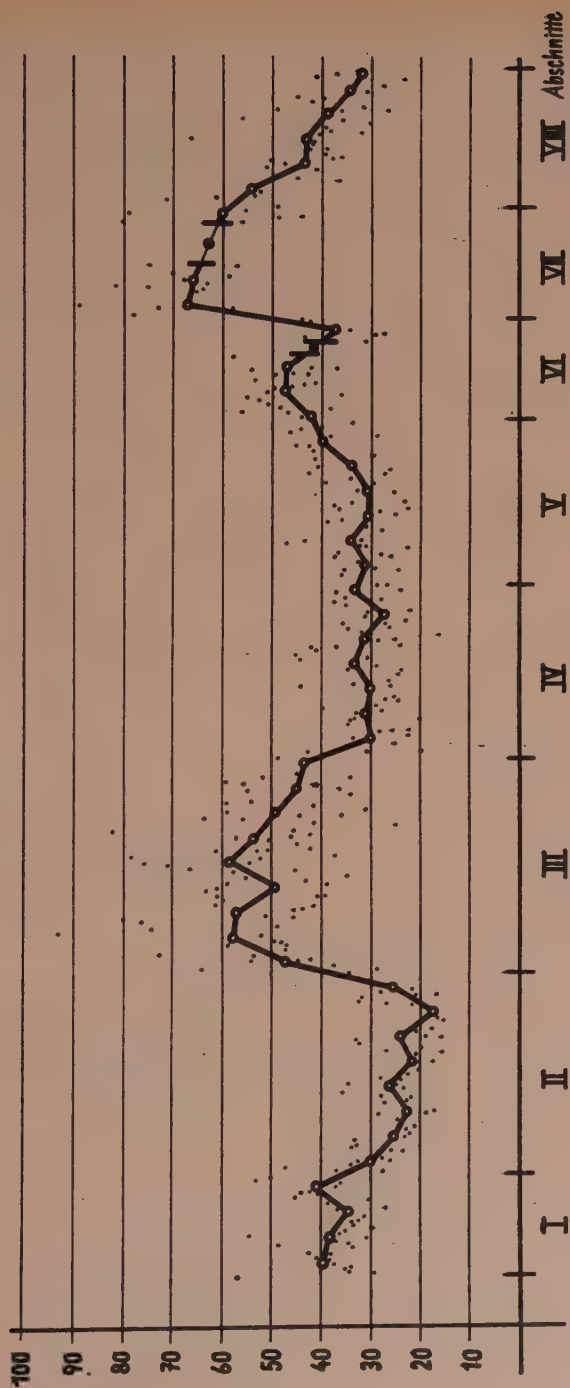


Abb. 3: Verteilung der Zellgrößen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten

In den Diagrammen sind die Maxima hervorgehoben, um deren Verschiebung in den einzelnen Rückenmarksabschnitten zu verdeutlichen.

Verteilung der Zellgrößen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten

Häufigkeit
in %

I

40
30
20
10



II

40
30
20
10



III

30
20
10



IV

40
30
20
10



V

40
30
20
10



VI

30
20
10



VII

30
20
10



VIII

30
20
10

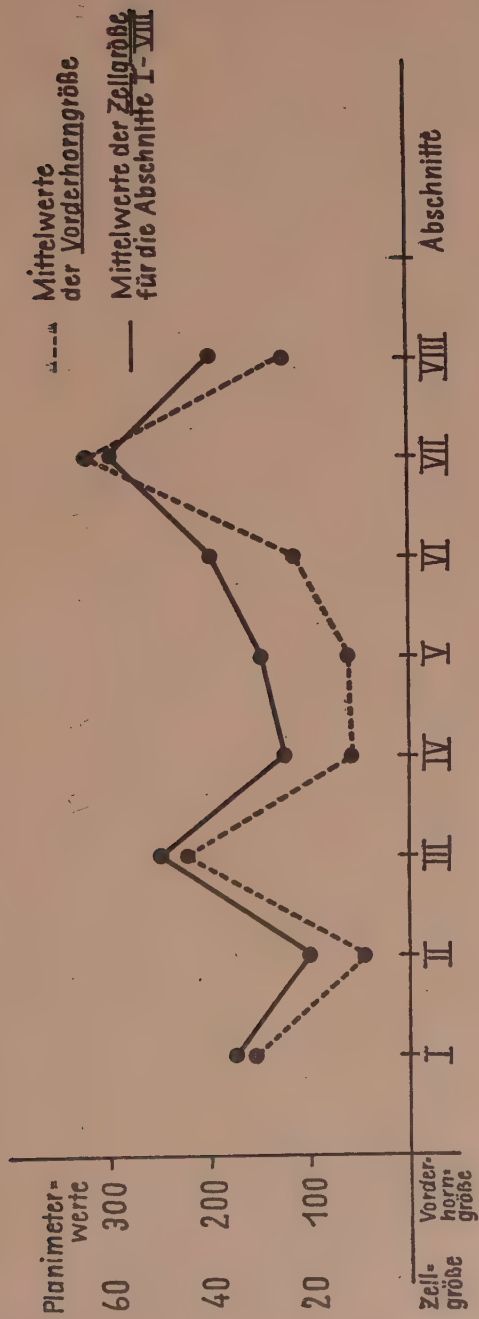


Zellgröße

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110

Abb. 4: Vergleich der Vorderhornfläche und der mittleren Vorderhornzellgröße in den einzelnen Rückenmarksabschnitten.

Für jeden Rückenmarksabschnitt wurden die Mittelwerte der Vorderhornflächen und der Zellflächen bestimmt und in einem Koordinatensystem aufgetragen.



Tab. I: Verteilung der Zellgrößen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten

Für das χ^2 -Verfahren sind die Meßwerte nach Rückenmarksabschnitten und Größenklassen (mit einer Differenz von 10 Planimeterwerten) gegliedert. Jedes Feld zeigt in der Mitte den Beobachtungswert, li. oben den Erwartungswert und re. unten den Einzelwert für χ^2 . Die letzte Spalte der Tabelle zeigt die Zeilensummen, die unterste Zeile die Spaltensummen der Beobachtungswerte.

Errechneter Wert für	$\chi^2 = 805,95$
Tabellenwert:	$\chi^2_{(f=50; P=0,01\%)} = 86,7$

Absehnitte	10 bis unter 20	20 bis unter 30	30 bis unter 40	40 bis unter 50	50 bis unter 60	60 bis unter 70	70 bis unter 80	80 und darüber	Σ
I	12,4284 1 10,5088	47,2608 43 0,3841	49,7138 83 22,2869	36,9582 43 0,9836	23,8757 26 0,1190	14,0638 4 3,2014	8,6672 0 2,6672	7,0318 0 7,0318	200
II	10,0670 51 166,4359	38,2872 73 31,4899	40,2681 30 2,6182	29,9362 5 20,7713	19,3393 3 13,8046	11,3917 0 16,6656	7,0204 0 10,2706	5,6958 0 8,3328	162
III	14,7277 4 7,8140	56,0040 27 15,0209	59,9108 34 11,2061	43,7955 48 0,4036	28,2927 46 11,0823	16,6656 36 25,6256	7,0204 19 7,4194	5,6958 23 25,8168	237
IV	10,1918 18 5,9820	38,7538 73 30,2628	40,7653 47 0,9535	30,3058 21 2,8574	19,5780 5 10,8549	11,5323 0 6,6100	7,1071 0 4,0736	5,7662 0 3,3050	164
V	5,8473 2 2,5260	22,2125 29 2,0740	23,3654 36 6,8320	17,3704 22 1,2338	11,2215 4 19,1005	6,6100 1 4,7612	4,0736 0 6,9338	3,3050 0 5,6255	94
VI	9,9423 0 9,9423	37,8086 25 4,3392	39,7710 36 0,3575	29,5667 50 14,1212	19,1005 25 1,8221	11,2510 10 6,0474	6,9338 11 3,7269	5,6255 3 3,0237	160
VII	5,3442 0 5,3442	20,3221 2 16,5189	21,3769 5 12,5463	15,8920 10 2,1844	10,2665 9 0,1562	6,0474 26 8,4383	3,7269 20 71,0547	3,0237 14 39,8449	86
VIII	7,4570 0 7,4570	28,3565 17 4,5481	29,8882 33 0,3239	22,1749 27 1,0499	14,3254 28 13,0533	8,4383 9 0,0373	5,2093 3 0,9309	10,2191 3 5,0998	120
Σ	76	289	304	226	146	86	53	43	1223

Tab. I Verteilung der Zellgrößen in den einzelnen Rückenmarksabschnitten

Tab. II: Zusammenfassung und Gegenüberstellung
verschiedener Rückenmarksabschnitte

Die Beobachtungswerte der Abschnitte III, VII, VIII und der Abschnitte I, II, IV - VI sind zusammengefaßt und werden gegeneinander verglichen.

Errechneter Wert: $\chi^2 = 317,66$

Tabellenwert: $\chi^2_{(f=7; P=0,1\%)} = 24,3$

Abschnitte	10 bis unter 20	20 bis unter 30	30 bis unter 40	40 bis unter 50	50 bis unter 60	60 bis unter 70	70 bis unter 80	80 und darüber	Σ
III/VII/VIII	27,5290 4 23,6742	104,6827 46 32,8961	110,1164 72 13,1936	81,8626 85 0,1202	52,8847 83 17,4492	31,1512 71 51,7514	19,4978 42 27,0833	15,5755 40 38,3009	443
I + II IV - VI	48,4709 72 11,4216	184,3172 243 18,6833	193,8838 232 7,4933	144,1373 141 0,0682	93,1152 63 9,7398	54,8487 15 28,9508	33,8021 11 15,3817	27,4242 3 21,7523	780
Σ	76	289	304	226	146	86	53	43	1223

Tab. II Zusammenfassung u. Gegenüberstellung verschiedener Rückenmarksabschnitte

Tab. III:

Statistischer Vergleich der Rückenmarks-
abschnitte III und VII

Errechneter Wert:

$$\chi^2 = 38,57$$

Tabellenwert:

$$\chi^2_{(f=7; P=91\%)} = 24,3$$

Abschnitte	10 bis unter 20	20 bis unter 30	30 bis unter 40	40 bis unter 50	50 bis unter 60	60 bis unter 70	70 bis unter 80	80 u. darüber	Σ
III	2,9349 4	21,2786 27	28,6160 34	42,5572 48	40,3560 46	45,4922 36	28,6160 19	27,1486 23	237
VII	1,0650 0	7,7213 2	10,3839 5	15,4427 10	14,6439 9	16,5077 26	10,3839 20	9,8513 14	86
Σ	1,0650 4	7,7213 29	10,3839 39	15,4427 58	14,6439 55	16,5077 62	10,3839 39	9,8513 37	323

Tab. III Zusammenfassung u. Gegenüberstellung verschiedener Rückenmarksabschnitte

Tab. IV: Zusammenfassung und Gegenüberstellung
verschiedener Rückenmarksabschnitte

Die Beobachtungswerte der Abschnitte I und II
und der Abschnitte IV - VI sind jeweils zu-
sammengefaßt und werden gegeneinander ver-
glichen.

Errechneter Wert: $\chi^2 = 43,16$

Tabellenwert: $\chi^2_{(f=7; P=0,1\%)} = 24,3$

Abschnitte	10 bis unter 20	20 bis unter 30	30 bis unter 40	40 bis unter 50	50 bis unter 60	60 bis unter 70	70 bis unter 80	80 u. darüber	Σ
I/II	33,4153 52	112,7769 116	107,6717 113	65,4384 48	29,2384 29	6,9615 4	5,1051 0	1,3923 0	362
IV-VI	40,3363 38,6615 20	0,0921 130,2230 127	0,2636 124,3282 119	4,6470 75,5615 93	0,0019 33,7615 34	1,2598 8,0384 11	5,1051 5,8948 11	1,3923 1,6076 3	418
Σ	9,0077 72	0,0797 243	0,2283 232	4,0245 141	0,0016 63	1,0911 15	4,4213 11	1,2060 3	780

Tab. IV Zusammenfassung u. Gegenüberstellung verschiedener Rückenmarksabschnitte

L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

A m i r h o s s e i n i , Über die Abhängigkeit der Nervenzellgröße von der Körpergröße beim Hund.

Anat. Anz., Bd. 112, S. 32-36, Jahrg. 1963.

B i e l s c h o w s k y , Nervengewebe,

in: v. Möllendorf, Handbuch der mikr. Anatomie des Menschen, Bd. IV/I, S. 1-142, Jahrg. 1925.

B r u s a und C a f a r e l l o , Etudes chez l'homme

du rapport entre le volume du pyrénophore et la longueur de la fibre nerveuse dans les cellules de type différent.

Cpt. rend. Ass. Anat. 66, S. 233-246, Jahrg. 1951.

D o c u m e n t a G e i g y , Wissenschaftliche Tabellen.

6. Aufl., unveränderter Nachdruck 1962.

K o l l e r , Statistische Auswertungsmethoden,

in: R a u e n , Biochemisches Taschenbuch, Bd. II, S. 959-1046, 1964.

L e v i , E., Wachstum und Körpergröße. Nervenzellen und Nervenfasern.

Ergeb. Anatom. 26, S. 87-342, Jahrg. 1925.

P i e r r e t , Sur les relations qui existent entre le

volume des cellules motrices et sensitives émanent ou les impressions qui s'y rendent.

Cpt. rend. hebd. des séances de l'accad. des sciences 86, Paris, S. 1422-1425, Jahrg. 1878.

Herrn Prof. Dr. Dr. D a b e l o w möchte ich an
dieser Stelle für die Überlassung eines Arbeitsplatzes
im Anatomischen Institut danken. Herrn Prof. Dr.
M ü l l e r bin ich für die freundliche Überlassung
des Themas und für Rat und Überwachung bei der An-
fertigung der Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.
Herrn Dr. H o r b a c h , Institut für Medizinische
Statistik und Dokumentation, danke ich für die Beratung
bei der statistischen Auswertung der Meßergebnisse.

Lebenslauf

Am 26. März 1939 wurde ich, Werner Rudolf R e c k , als Sohn des Bundesbahnobersekretärs Josef R e c k und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. S t r i t t e r , in Wiesbaden-Biebrich geboren.

Wegen der Kriegssereignisse erfolgte meine Einschulung erst in meinem 7. Lebensjahr, Ostern 1946, in die Freiherr vom Stein- Schule in Wiesbaden-Biebrich. Die Aufnahmeprüfung in die höhere Schule bestand ich Ostern 1951 am Gutenberg- Realgymnasium in Wiesbaden. Dort legte ich im Frühjahr 1959 die Reifeprüfung ab.

Am 2. April 1959 wurde ich zum Wehrdienst einberufen. Nach der Entlassung aus der Bundeswehr im Frühjahr 1960 immatrikulierte ich mich an der Technischen Hochschule Darmstadt, um Elektrotechnik zu studieren. Zum Sommersemester 1961 wechselte ich die Fakultät und begann das Studium der Medizin an der Johannes Gutenberg- Universität Mainz. Dort legte ich nach dem 2. bzw. 5. Fachsemester die Naturwissenschaftliche und Ärztliche Vorprüfung ab. Danach studierte ich je ein Semester an der Universität Wien und Würzburg und schrieb mich zum Sommersemester 1965 wieder an der Johannes Gutenberg- Universität Mainz ein, um dort das Studium zu beenden.

